

MANUFACTURE OF SEPARATOR FOR FUEL CELL AND THE SEPARATOR FOR FUEL CELL

Publication number: JP11204120

Publication date: 1999-07-30

Inventor: MIZUNO SEIJI

Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

Classification:

- international: B29B9/12; B29C43/00; C04B26/14; H01M8/02;
B29B9/12; B29C43/00; C04B26/00; H01M8/02; (IPC1-7): H01M8/02

- European: B29B9/12; B29C43/00B; B29C43/00C; C04B26/14; H01M8/02C2C

Application number: JP19980022752 19980119

Priority number(s): JP19980022752 19980119

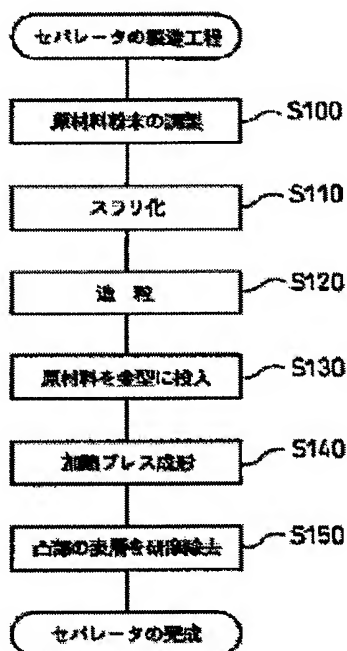
Also published as:

EP0933825 (A2)
US7172830 (B2)
US2002004156 (A1)
EP0933825 (A3)
CA2259748 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP11204120

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture a separator for a fuel cell having sufficient gas impermeability, with a simple manufacturing method. **SOLUTION:** In manufacturing a separator for a fuel cell, raw material powder is prepared (step S100), and the raw material is uniformly mixed into a slurry (step S110), which is followed by granulation (step S120). The raw material powder obtained by the granulation is charged into a mold (step S130), followed by heating and press molding (step S140). In the raw material used here, a mixture of phenol resin and epoxy resin is used as a binder to be added into carbon powder. Consequently, since no gas is generated from the binder in the heating and press molding process, it is possible to manufacture a separator having sufficient gas impermeability.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-204120

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 M 8/02

識別記号

F I

H 0 1 M 8/02

E

B

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-22752

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月19日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 水野 誠司

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

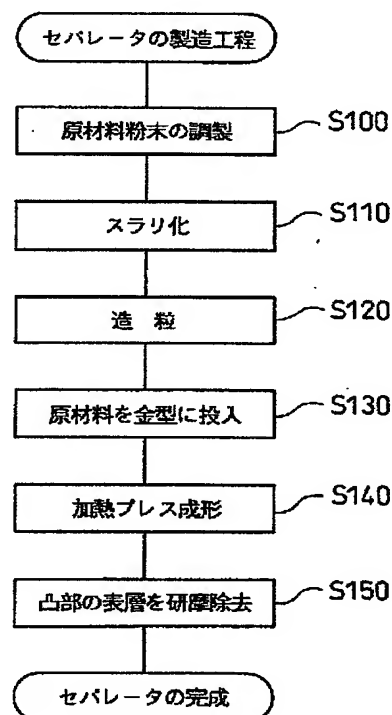
(74) 代理人 弁理士 下出 隆史 (外2名)

(54) 【発明の名称】 燃料電池用セパレータの製造方法および燃料電池用セパレータ

(57) 【要約】

【課題】 簡便な製造方法によって、充分なガス不透過性を有する燃料電池用セパレータを製造する。

【解決手段】 燃料電池用セパレータを製造するには、原材料粉末を調製し（ステップS100）、この原材料を均一に混合してスラリ化した後（ステップS110）、造粒し（ステップS120）、造粒して得た原材料粉末を金型に投入して（ステップS130）、加熱プレス成形を行なう（ステップS140）。ここで用いる原材料においては、カーボン粉末に加えるバインダとして、フェノール樹脂およびエポキシ樹脂を混合して用いる。したがって、加熱プレス成形の工程において、バインダからガスを発生することがなく、充分なガス不透過性を有するセパレータを製造することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃料電池用セパレータの製造方法において、

(a) カーボンとバインダとを含む原材料であって、前記バインダとしてエポキシ樹脂とフェノール樹脂とを含有する原材料を、所定の型内で加熱プレス成形し、所定の形状を有するセパレータ部材を形成する工程と、

(b) 前記セパレータ部材から燃料電池用セパレータを作製する工程とを備えることを特徴とする燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の燃料電池用セパレータの製造方法であって、前記バインダ中の前記エポキシ樹脂と前記フェノール樹脂とが、加熱に伴って化学反応を起こして熱硬化する際に、前記エポキシ樹脂において前記化学反応に供されるエポキシ基の量と、前記フェノール樹脂において前記化学反応に供される水酸基の量との比の値が、0.8～1.2 となるように設定されていることを特徴とする燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項 3】 前記エポキシ樹脂は、少なくともクレゾールノボラック型エポキシ樹脂からなり、前記フェノール樹脂は、少なくともノボラック型フェノール樹脂からなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項 4】 前記カーボンは、平均粒径 5～50 μm の鱗片状天然黒鉛粒子からなる粉末である請求項 1 ないし 3 いずれか記載の燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 いずれか記載の燃料電池用セパレータの製造方法であって、

前記 (a) 工程は、

(a-1) 前記カーボンとバインダとを均一に混合してスラリーにする工程と、

(a-2) 前記スラリーを噴霧乾燥して造粒し、平均粒径 50～150 μm 、粒径分布 50～300 μm の粉末を得る工程とを備え、

前記得られた粉末を加熱プレス成形して前記セパレータ部材を形成するセパレータの製造方法。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 いずれか記載の燃料電池用セパレータの製造方法であって、

前記工程 (b) は、

(b-1) 前記工程 (a) で形成した前記セパレータ部材の表面のうち、該セパレータ部材から得られる前記セパレータを燃料電池に組み込んだときに、前記セパレータに隣接する部材と接触する面に対応する面を研磨除去する工程を備える燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 いずれか記載の燃料電池用セパレータの製造方法であって、

前記工程 (a) によって得られるセパレータ部材の密度は、前記原材料を構成する前記カーボンおよび前記バインダ等の各材料の密度と、前記原材料における前記各材

料の割合とに基づいて、前記セパレータ部材の理論密度として求められる値に対する比率が、93%以上である燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項 8】 燃料電池用セパレータであって、カーボン粒子の集合体と、

前記集合体を形成する前記カーボン粒子間の隙間に充填されたフェノール樹脂とエポキシ樹脂とからなるバインダとを備える燃料電池用セパレータ。

【発明の詳細な説明】

10 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃料電池用セパレータ並びに燃料電池用セパレータの製造方法に関し、詳しくは、単セルを複数積層して構成する燃料電池において、隣接する単セル間に設けられ、電極との間で燃料ガス流路および酸化ガス流路を形成すると共に、燃料ガスと酸化ガスとを隔てる燃料電池用セパレータ、並びにその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の燃料電池用セパレータの製造方法としては、カーボン粉末を原材料とし、これにフェノール樹脂をバインダとして加えて混練・成形した後に焼成し、炭化および黒鉛化する方法が知られている（例えば、特開平 8-222241 号公報等）。このような方法によってセパレータを製造する場合には、上記した焼成の工程によってブロック状のカーボン部材を作製し、このカーボン部材に機械加工を施して板状部材を切り出し、所望の形状のセパレータを製造する。あるいは、セパレータを製造する他の方法として、カーボン粉末に対してフェノール樹脂をバインダとして混合したものを、樹脂が黒鉛化しない温度で加熱プレス成形する方法が提案されている（例えば、特開平 60-246568 号公報等）。このような方法によってセパレータを製造する場合には、所定の形状を有する金型を用いて加熱プレスを行なうことによって、所望の形状のセパレータを製造することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記した 2 つの方法のうち、前者の製造方法では、1000～3000℃の高温で長時間加熱を行なう焼成の工程を含むと共に、焼成カーボンに対して機械加工を施す工程を含むため、製造に要する時間が長くなると共に、製造工程が煩雑となってコストが上昇してしまうという問題があった。さらに、焼成の工程で、カーボン粉末にバインダとして加えたフェノール樹脂が水を発生するため、焼成によって製造される上記カーボン部材内で、この発生した水のために気泡が生じ、製造されるセパレータのガス不透過性が損なわれてしまうおそれがある。したがって、セパレータのガス不透過性を確保するために、カーボン部材内に生じた気泡を塞ぐ処理を行なう必要があり、製造工程がさらに煩雑になってしまう。

【0004】一方、後者の製造方法では、焼成の工程および機械加工の工程を含まないため、上記した前者の方法に比べて製造工程を簡素化できるという利点を有する。しかしながら、上記した加熱プレスの工程において、熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂が熱硬化する際には、このフェノール樹脂が有する水酸基が反応してガス（水蒸気）を発生するため、製造されるセパレータ内に気泡が発生して、セパレータのガス不透過性が不十分になってしまうおそれがある。

【0005】本発明は、こうした問題を解決し、簡便な製造方法によって、十分なガス不透過性を有する燃料電池用セパレータを製造することを目的としてなされ、そのため、本発明の燃料電池用セパレータの製造方法および燃料電池用セパレータは次の構成を採った。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の燃料電池用セパレータの製造方法は、（a）カーボンとバインダとを含む原材料であって、前記バインダとしてエポキシ樹脂とフェノール樹脂とを含有する原材料を、所定の型内で加熱プレス成形し、所定の形状を有するセパレータ部材を形成する工程と、（b）前記セパレータ部材から燃料電池用セパレータを作製する工程とを備えることを要旨とする。

【0007】以上のように構成された本発明の燃料電池用セパレータの製造方法によれば、バインダとしてフェノール樹脂とエポキシ樹脂とを組み合わせ使用しているため、成形時に加熱を行なってバインダを熱硬化させる際に、バインダからガスが発生することがない。したがって、加熱プレス成形によって得られるセパレータ部材において膨れが生じることがなく、十分なガス不透過性を有するセパレータを製造することができる。

【0008】ここで、原材料としては、上記カーボンとバインダ以外の材料を含有することとしてもよい。例えば、原材料として親水性物質をさらに加えることとし、製造するセパレータに親水性を付与することもできる。また、バインダとしては、フェノール樹脂とエポキシ樹脂に加えて、エポキシ樹脂の硬化促進剤を加えることとしてもよい。

【0009】本発明の燃料電池用セパレータの製造方法において、前記バインダ中の前記エポキシ樹脂と前記フェノール樹脂とが、加熱に伴って化学反応を起こして熱硬化する際に、前記エポキシ樹脂において前記化学反応に供されるエポキシ基の量と、前記フェノール樹脂において前記化学反応に供される水酸基の量との比の値が、0.8～1.2となるように設定されていることとしてもよい。

【0010】このようにすれば、前記バインダ中のフェノール樹脂が有する水酸基が、エポキシ樹脂が有するエポキシ基（エポキシ樹脂が有する三員環）と十分に反応するため、加熱時にフェノール樹脂からガスが発生する

のを抑える効果を充分に得ることができる。また、エポキシ樹脂の量は、フェノール樹脂量に比べて過剰とならないため、エポキシ樹脂の量が増えすぎることによって、バインダの熱硬化に要する時間が長期化しすぎることがない。

【0011】また、本発明の燃料電池用セパレータの製造方法において、前記エポキシ樹脂は、少なくともクレゾールノボラック型エポキシ樹脂からなり、前記フェノール樹脂は、少なくともノボラック型フェノール樹脂からなることとしてもよい。エポキシ樹脂としてクレゾールノボラック型を用いることにより、製造するセパレータの耐熱性を高めることができる。

【0012】さらに、本発明の燃料電池用セパレータの製造方法において、前記カーボンは、平均粒径5～50μmの鱗片状天然黒鉛粒子からなる粉末である構成も好適である。

【0013】鱗片状天然黒鉛粒子は、薄片状の形状を有しており、プレス成形の際にはこれ自体が所定の結着性を示す。したがって、カーボンとして鱗片状天然黒鉛粒子からなる粉末を用いると、原材料に加えるバインダの量を削減することができる。バインダとして用いる上記した熱硬化性樹脂は導電性を有しないため、このようにバインダ量を削減することによって、セパレータの導電性を向上させることができる。また、原材料に加えるバインダが所定量を超えると、燃料電池の運転温度に対応する温度以上の高温条件下においては、製造されるセパレータの強度が低下してしまうという性質があるが、上記したように原燃料に加えるバインダ量を抑えることによって、セパレータの強度を充分に確保することができる。

【0014】また、本発明の燃料電池用セパレータの製造方法において、前記（a）工程は、（a-1）前記カーボンとバインダとを均一に混合してスラリーにする工程と、（a-2）前記スラリーを噴霧乾燥して造粒し、平均粒径50～150μm、粒径分布50～300μmの粉末を得る工程とを備え、前記得られた粉末を加熱プレス成形して前記セパレータ部材を形成することとしてもよい。このような方法を用いることによって、製造されるセパレータにおいて、カーボンとバインダとの混合状態を充分に均一にすることができる。

【0015】さらに、本発明の燃料電池用セパレータの製造方法において、前記工程（b）は、（b-1）前記工程（a）で形成した前記セパレータ部材の表面のうち、該セパレータ部材から得られる前記セパレータを燃料電池に組み込んだときに、前記セパレータに隣接する部材と接触する面に対応する面を研磨除去する工程を備える構成も好適である。

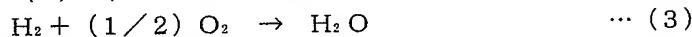
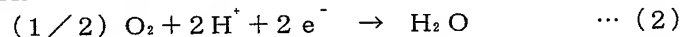
【0016】このような構成とすることによって、セパレータ部材表面に形成されたバインダの層や、セパレータ部材表面に付着する離型剤を取り除くことができる。

すなわち、カーボンと、熱硬化性樹脂からなるバインダを含む原燃料を加熱プレス成形すると、成形時に融解したバインダがにじみ出して、セパレータ部材表面にはバインダの層が形成される。また、プレス成形時に用いる金型には、金型からセパレータ部材を取り出す際の離型性を高めるために離型剤が塗布されており、この離型剤の少なくとも一部は、金型から取り出されたセパレータ部材の表面に付着してしまう。このようなセパレータ部材表面のバインダの層や離型剤は導電性を有しないため、セパレータ部材に対して上記した研磨除去の処理を

【0017】また、本発明の燃料電池用セパレータの製造方法において、前記工程(a)によって得られるセパレータ部材の密度は、前記原材料を構成する前記カーボンおよび前記バインダ等の各材料の密度と、前記原材料における前記各材料の割合とに基づいて、前記セパレータ部材の理論密度として求められる値に対する比率が、93%以上であることとしてもよい。このような構成とすることによって、製造されるセパレータのガス不透過性を、燃料電池用セパレータとして十分なものとすることができる。

【0018】本発明の燃料電池用セパレータは、カーボン粒子の集合体と、前記集合体を形成する前記カーボン粒子間の隙間に充填されたエポキシ樹脂とフェノール樹脂とからなるバインダとを備えることを要旨とする。

【0019】このような燃料電池用セパレータによれば、エポキシ樹脂とフェノール樹脂とをバインダとして*



【0024】(1)式は陽極における反応、(2)式は陰極における反応を表わし、燃料電池全体では(3)式に示す反応が進行する。このように、燃料電池は、燃料電池に供給される燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するものであり、エネルギー効率が非常に高い装置として知られている。燃料電池の構成単位である単セル28は、図3に示すように、電解質膜21と、アノード22およびカソード23と、セパレータ30a、30bとから構成されている。

【0025】アノード22およびカソード23は、電解質膜21を両側から挟んでサンドイッチ構造を成すガス拡散電極である。セパレータ30a、30bは、このサンドイッチ構造をさらに両側から挟みつつ、アノード22およびカソード23との間に、燃料ガスおよび酸化ガスの流路を形成する。アノード22とセパレータ30aとの間には燃料ガス流路24Pが形成されており、カソード23とセパレータ30bとの間には酸化ガス流路25Pが形成されている。実際に燃料電池を組み立てるときには、上記単セル28を所定の枚数積層してスタック

*用いているため、製造の工程においてフェノール樹脂からガスが発生してしまうことがなく、十分なガス不透過性を有するセパレータとして、燃料電池に組み込んで用いることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。まず最初に、説明の便宜上、図3から図5を基にして、本発明の第1実施例であるセパレータの製造方法に基づいて製造したセパレータを備える燃料電池の構成および動作について説明し、続いて本発明の第1実施例であるセパレータの製造方法について説明することとする。

【0021】本発明の第1実施例であるセパレータの製造方法に基づいて製造したセパレータを備える燃料電池は、構成単位である単セルを複数積層したスタック構造を有している。図3は、燃料電池の構成単位である単セル28の構成を例示する断面模式図、図4は、単セル28の構成を表わす分解斜視図、図5は、単セル28を積層したスタック構造14の外観を表わす斜視図である。

【0022】本実施例の燃料電池は、固体高分子型燃料電池である。固体高分子型燃料電池は、湿潤状態で良好な導電性を示す固体高分子からなる膜を電解質層として備えている。このような燃料電池は、陰極側に水素を含有する燃料ガスの供給を受け、陽極側に酸素を含有する酸化ガスの供給を受けて、以下に示す電気化学反応を進行する。

【0023】



構造14を形成する。

【0026】図3では、各セパレータ30a、30bの片面においてだけガス流路を成すリブが形成されているように表わされているが、実際の燃料電池では、図4に示すように、各セパレータ30a、30bは、その両方の面にそれぞれリブ54およびリブ55を形成している。セパレータ30a、30bのそれぞれの片面に形成されたリブ54は隣接するアノード22との間で燃料ガス流路24Pを形成し、セパレータ30の他面に形成されたリブ55は隣接する単セルが備えるカソード23との間で酸化ガス流路25Pを形成する。したがって、セパレータ30a、30bは、ガス拡散電極との間でガスの流路を形成すると共に、隣接する単セル間で燃料ガスと酸化ガスとの流れを分離する役割を果たしている。このように、セパレータ30a、30bは、実際に組み立てられる燃料電池では、形態上、あるいは働きの上で区別はなく、以後、セパレータ30と総称する。

【0027】なお、各セパレータの表面に形成されたりリブ54、55の形状は、ガス流路を形成してガス拡散電

極に対して燃料ガスまたは酸化ガスを供給可能であれば良い。本実施例では、各セパレータの表面に形成されたリブ 54, 55 は平行に形成された複数の溝状の構造とした。図 3 では、単セル 28 の構成を模式的に表わすために、燃料ガス流路 24 P と酸化ガス流路 25 P とを平行に表わしたが、燃料電池を組み立てる際に実際に用いるセパレータ 30 では、各セパレータ 30 の両面で、リブ 54 とリブ 55 とがそれぞれ直交する方向となるように、リブ 54, 55 を形成した。

【0028】電解質膜 21 は、固体高分子材料、例えば 10 フッ素系樹脂により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜であり、湿潤状態で良好な電気伝導性を示す。本実施例では、ナフィオン膜（デュボン社製）を使用した。電解質膜 21 の表面には、触媒としての白金または白金と他の金属からなる合金が塗布されている。

【0029】アノード 22 およびカソード 23 は、共に炭素繊維からなる糸で織成したカーボンクロスにより形成されている。なお、本実施例では、アノード 22 およびカソード 23 をカーボンクロスにより形成したが、炭素繊維からなるカーボンペーパーまたはカーボンフェルト 20 により形成する構成も好適である。

【0030】セパレータ 30 は、本実施例の要部に対応する後述する製造方法に従って製造され、カーボン材料を圧縮した成形カーボンとして形成されている。このセパレータ 30 の周辺部には、4 つの穴構造が設けられている。燃料ガス流路 34 P を形成するリブ 54 を連絡する燃料ガス孔 50, 51 と、酸化ガス流路 35 P を形成するリブ 55 を連絡する酸化ガス孔 52, 53 である。燃料電池を組み立てたときには、各セパレータ 30 が備える燃料ガス孔 50, 51 は、燃料電池内部をその積層方向に貫通する燃料ガス供給マニホール 30 および燃料ガス排出マニホール 57 を形成する。また、各セパレータ 30 が備える酸化ガス孔 52, 53 は、同じく燃料電池内部をその積層方向に貫通する酸化ガス供給マニホール 58 および酸化ガス排出マニホール 59 を形成する。

【0031】以上説明した各部材を備える燃料電池を組み立てるときには、セパレータ 30、アノード 22、電解質膜 21、カソード 23、セパレータ 30 の順序で順次重ね合わせ、その両端にさらに集電板 36, 37、絶縁板 38, 39、エンドプレート 40, 41 を配置して、図 5 に示すスタック構造 14 を完成する。集電板 36, 37 にはそれぞれ出力端子 36 A, 37 A が設けられており、燃料電池で生じた起電力を出力可能となっている。

【0032】エンドプレート 40 は、図 5 に示すように 2 つの穴構造を備えている。一つは燃料ガス孔 42、もう一つは酸化ガス孔 44 である。エンドプレート 40 と隣接する絶縁板 38 および集電板 36 は、エンドプレート 40 が備える 2 つの穴構造と対応する位置に同様の 2

つの穴構造を形成している。この燃料ガス孔 42 は、セパレータ 30 の備える燃料ガス孔 50 の中央部に開口している。なお、燃料電池を動作させるときには、燃料ガス孔 42 と図示しない燃料供給装置とが接続され、水素リッチな燃料ガスが燃料電池内部に供給される。同様に、酸化ガス孔 44 は前記セパレータ 30 の備える酸化ガス孔 52 の中央部に対応する位置に形成されている。燃料電池を動作させるときには、この酸化ガス孔 44 と図示しない酸化ガス供給装置とが接続され、酸素を含有する酸化ガスが燃料電池内部に供給される。ここで、燃料ガス供給装置と酸化ガス供給装置は、それぞれのガスに対して所定量の加湿および加圧を行なって燃料電池に供給する装置である。

【0033】また、エンドプレート 41 は、エンドプレート 40 とは異なる位置に 2 つの穴構造を備えている。絶縁板 39、集電板 37 もまたエンドプレート 41 と同様の位置に、それぞれ 2 つの穴構造を形成している。エンドプレート 41 が備える穴構造の一つ燃料ガス孔 43 はセパレータ 30 の備える燃料ガス孔 51 の中央部に対応する位置に開口している。もう一つの穴構造である酸化ガス孔 45 はセパレータ 30 の備える酸化ガス孔 53 の中央部に対応する位置に開口している。燃料電池を動作させるときには、燃料ガス孔 43 には図示しない燃料ガス排出装置が接続され、酸化ガス孔 45 には図示しない酸化ガス排出装置が接続される。

【0034】以上説明した各部材からなるスタック構造 14 は、その積層方向に所定の押圧力がかかった状態で保持され、燃料電池が完成する。スタック構造 14 を押圧する構成については図示は省略した。

【0035】次に、以上のような構成を備えた燃料電池における燃料ガスおよび酸化ガスの流れについて説明する。燃料ガスは、上記した所定の燃料ガス供給装置から、エンドプレート 40 に形成された燃料ガス孔 42 を経て燃料電池内部に導入される。燃料電池内部で燃料ガスは、燃料ガス供給マニホール 56 を介して各単セル 28 が備える燃料ガス流路 24 P に供給され、各単セル 28 の陰極側で進行する電気化学反応に供される。燃料ガス流路 24 P から排出された燃料ガスは、燃料ガス排出マニホール 57 に集合してエンドプレート 41 の燃料ガス孔 43 に達し、この燃料ガス孔 43 から燃料電池の外部へ排出されて、所定の燃料ガス排出装置に導かれる。

【0036】同様に酸化ガスは、上記した所定の酸化ガス供給装置から、エンドプレート 40 に形成された酸化ガス孔 44 を経て燃料電池内部に導入される。燃料電池内部で酸化ガスは、酸化ガス供給マニホール 58 を介して各単セル 28 が備える酸化ガス流路 25 P に供給され、各単セル 28 の陽極側で進行する電気化学反応に供される。酸化ガス流路 25 P から排出された酸化ガスは、酸化ガス排出マニホール 59 に集合してエンドプ

レート 41 の酸化ガス孔 45 に達し、この酸化ガス孔 45 から上記所定の酸化ガス排出装置に排出される。

【0037】次に、本発明の要部に対応するセパレータ 30 の製造方法について説明する。図 1 は本実施例のセパレータ 30 の製造方法を表わす工程図、図 2 は、図 1 に表わす工程のなかのプレス成形の様子を表わす説明図である。図 1 に示したセパレータ 30 の製造工程は、カーボン粉末にバインダを加えた原材料粉末を用いて、加熱プレスによって成形するというものであるが、原材料粉末に加えるバインダとして、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂とノボラック型フェノール樹脂とを用いていることを特徴としている。

【0038】最初に、図 1 に基づいて、セパレータ 30 の製造方法を説明する。セパレータ 30 を製造するには、まず原材料粉末の調製を行なう（ステップ S100）。ここでは、原材料として、カーボン粉末と、このカーボン粉末を互いに結着させてセパレータに十分な強度を与えるためのバインダを用意する。

【0039】一般にバインダは、所定の温度に加熱することによって熱硬化反応を起こす熱硬化性樹脂からなり、セパレータを製造するためのバインダとしては、燃料電池の運転温度および燃料電池に供給するガスの各成分に対して安定であることが望まれる。そこで、本実施例では、バインダとして使用する熱硬化性樹脂として、上述したように、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂とノボラック型フェノール樹脂とを用いている。ステップ S100 で用意するバインダの組成内容は、エポキシ当量が 214 グラム当量であるクレゾールノボラック型エポキシ樹脂と、OH 当量が 103 グラム当量であるノボラック型エポキシ樹脂とを等量ずつ使い、さらに、エポキシ樹脂の硬化促進剤として、イミダゾール化合物（2-エチル-4-メチル イミダゾール）をエポキシ樹脂に対して 0.5% の割合で加える。上記ステップ S100 では、このような組成のバインダを、カーボン粉末に対して 12% 用意する。

【0040】なお、カーボン粉末としては、本実施例では鱗片状天然黒鉛を用いた。この鱗片状天然黒鉛としては、平均粒径が 5~50 μm 、粒度分布が 1~200 μm のものを用いた。カーボン粉末の粒径が小さいと、後述する加熱プレス成形においてより多くのバインダを要することになる。また、カーボン粉末の粒径が大きいと、カーボン粉末とバインダとを十分に均一に混合することが困難となる。これらのことを考慮して、用いるカーボン粉末としては、上記した範囲の粒径を有する粒子からなる粉末を用いることとした。

【0041】次に、ステップ S100 で用意した原材料粉末に、有機溶媒であるメチルエチルケトン（MEK）を加え、ボールミルで均一に混合して、粘度 200 cP のスラリーを作製する（ステップ S110）。続いて、このスラリーをスプレードライヤ装置に充填し、80℃の

温度条件で噴霧乾燥して造粒し、平均粒径 100 μm 程度の粉末を得る（ステップ S120）。なお、ステップ S110 で作製するスラリーの粘度は、ステップ S120 で使用するスプレードライヤ装置の性能などを考慮して、上記した所望の粒径を有する粒子が造粒可能となるように、適宜調節すればよい。

【0042】上記ステップ S120 では、カーボン粉末とバインダとを混合して作製したスラリーを、スプレードライヤ装置を用いて造粒したが、異なる方法によって、カーボンとバインダとが混合した粉末を調製してもよい。たとえば、上記スラリーを乾燥させた後に粉砕することとしてもよい。また、原材料粉末を均一に混合可能であれば、上記した湿式混練に代えて、樹脂が硬化しない程度の温度（室温から 100℃程度）において、溶媒を用いることなく原材料粉末を混合する乾式混練を行なってもよい。

【0043】ここで、原材料として用いるカーボンは、既述した湿式混練や乾式混練によって、許容できる程度に均一に、バインダと混合可能な形状であればよい。バインダと十分に均一に混合し、ステップ S120 において既述した粒径の粒子に造粒するために、本実施例では、既述した範囲の粒径を有する粒子からなる鱗片状天然黒鉛粉末を用いた。

【0044】ステップ S120 において、カーボン粉末とバインダとからなる粒子によって構成される粉末が得られると、次に、これらの粉末を所定形状の金型に投入する（ステップ S130）。原燃料粉末を金型 60 内に投入した様子を、図 2（A）に模式的に示す。この金型 60 は、これを用いて原燃料粉末をプレス成形することによって、図 4 に示した形状のセパレータ 30 を形成可能となる凹凸形状を内面に有するものである。ここで、面圧 1 t o n / c m²、180℃にてプレスすることで、図 4 に示したセパレータ 30 と同様の形状を有するセパレータ部材が得られる（ステップ S140）。なお、プレス時の面圧は、製造されるセパレータ 30 が十分な強度を有するならば、異なる値としてもよく、選択した面圧に応じて、原材料粉末としてカーボン粉末に混合するバインダ量を適宜調節すればよい。

【0045】上記ステップ S140 のプレス成形時には、金型を 180℃で加熱することによって、バインダを構成する熱硬化性樹脂が一旦軟化すると共に熱硬化反応が起こり、プレス成形と同時にセパレータ部材に所定の強度を与えることができる。ここで、プレス成形時の加熱条件は、上記した樹脂の軟化および熱硬化反応がおこる条件であればよく、例えば、140~220℃の温度範囲で、1~30 分間という加熱時間範囲の中で適宜決定することができる。あるいは、熱硬化性樹脂が軟化するものの熱硬化反応は起こさない温度範囲（80~100℃）で加熱プレス成形を行なった後に、成形されたセパレータ部材を所定の加熱炉内で 140~220℃で

30～600分間加熱することによって熱硬化性樹脂の熱硬化を行なうこととしても良い。この場合には、プレス成形時に熱硬化性樹脂を軟化させることによって、カーボン粉末間に熱硬化性樹脂を行き渡らせて十分な結着性を得ることができる。また、プレス時には熱硬化反応を完了させる必要がないためプレス工程の時間を短縮することができる。また、熱硬化反応は後でまとめて行なうことができるため、多量のセパレータを製造する場合に有利となる。この熱硬化反応のために行なう加熱は、選択した熱硬化性樹脂が熱硬化可能であって、熱硬化性樹脂等の構成材料が劣化しない温度範囲および加熱時間であれば良い。

【0046】上記したプレス成形を行なうときに、上記金型内の空気が原材料粉末中に取り込まれてプレスが行なわれると、成形されたセパレータ部材内に空気が残留してセパレータ部材内に気泡が形成されることがある。このように局部的に非所望の気泡が形成されてしまうのを防ぐために、プレス成形時には上記金型内を10torr以下に排気しておき、セパレータ部材内に空気が残留するのを防ぐ構成としてもよい。

【0047】次に、加熱プレス成形で得られたセパレータ部材において、燃料電池内に組み込んだときにガス流路を形成する凹凸構造(リブ54、55)の凸部の表層を研磨除去する(ステップS150)。上記ステップS140における加熱プレス成形を行なうと、熱硬化性樹脂が加熱によって一旦軟化するとき、熱硬化性樹脂の一部がセパレータ部材表面ににじみ出して、得られるセパレータ部材の表面に熱硬化性樹脂の層が形成される。熱硬化性樹脂は導電性を有しないため、このような熱硬化性樹脂の層が表面に形成されると、製造されるセパレータにおいて抵抗が増大し、導電性が悪化する。したがって、セパレータ部材表面の研磨除去を行なうことによって、セパレータ部材からこの熱硬化性樹脂の層を取り除き、セパレータの導電性を確保している。ここで、セパレータを燃料電池に組み込んだときには、セパレータと、このセパレータと隣接する部材(ガス拡散電極)とが接触する接触部位における接触抵抗が特に問題となるため、このような接触部位にあたる領域、すなわち、セパレータ部材表面に形成された凹凸構造の内、凸部の表面を削り取る。本実施例では、この凸部表面を約10μm研磨除去した。このようにして、セパレータ部材表面に形成された熱硬化性樹脂の層を取り除いて、セパレータ30を完成させる。

【0048】なお、ステップS150において、セパレータ部材表面に形成された凹凸構造の凸部の表面を研磨除去するという処理を行なうと、加熱プレス成形の際にセパレータ部材の表面に熱硬化性樹脂が滲み出して形成された熱硬化性樹脂の層が取り除かれる他に、この研磨除去を行なう部位において、セパレータ部材表面に付着した離型剤も取り除かれる。原燃料にバインダとして加

える熱硬化性樹脂は密着性が高いため、加熱プレス成形の後に、加熱プレス成形で用いた金型からセパレータ部材を取り出すときの離型性を高めるため、上記金型には加熱プレス成形に先立って離型剤を塗布する。この離型剤として、本実施例ではポリテトラフルオロエチレン(テフロン)を用いたが、金型に塗布したこのような離型剤の少なくとも一部は、金型からセパレータ部材を取り出すときにはセパレータ部材に付着してしまう。ステップS150の研磨除去の工程を行なうことによって、セパレータ部材に付着した離型剤は、上記したガス拡散電極と接触可能な面において除去される。

【0049】このようにして得られたセパレータ30について密度を測定し、この値を理論密度と比較したところ、セパレータ30の密度は理論密度の95%以上であり、燃料電池用セパレータとして、十分なガス不透過性を備えていた。ここで、理論密度とは、原材料として用いたカーボン粉末の密度とバインダの密度、および、原材料におけるカーボン粉末とバインダとの混合比率から求まる平均密度を、セパレータが完全に緻密に形成された場合の密度として仮想的に計算したものである。実際にセパレータを製造する場合には、完全に緻密な理想的な状態とはならないが、製造したセパレータの密度が上記理論密度に近いほど、セパレータはより緻密な状態となり、そのガス不透過性は良好となる。製造したセパレータのガス不透過性が、燃料電池用セパレータとして充分であるためには、製造したセパレータの実際の密度が、上記理論密度の93%以上であることが望ましい。

【0050】以上説明したように製造したセパレータ30を用いて燃料電池を組み立て、その電流-電圧特性を調べた結果を図6に示す。図6では、比較例として、従来知られる技術に従って作製した黒鉛化カーボンと、従来知られる技術に従って作製した成形カーボンからなるセパレータをそれぞれ用いた燃料電池における電流-電圧特性も合わせて示した。ここで、従来知られる技術に従って作製した黒鉛化カーボンからなるセパレータとは、カーボン粉末とフェノール樹脂とを混練して成形したものを焼成して黒鉛化し、機械加工を施して所定の形状としたものである。なお、既述したように、焼成の工程で生じる水などによって焼成カーボンでは内部に気泡が形成されてしまうので、ここで比較例として用いた黒鉛化カーボンからなるセパレータは、焼成の工程の後に、さらに樹脂を含浸させて上記気泡を塞ぎ、セパレータにおけるガス不透過性を確保している。また、従来知られる技術に従って作製した成形カーボンからなるセパレータとは、カーボン粉末に、フェノール樹脂からなる充分量のバインダを加えて混練した後に、加熱プレス成形を行なって製造したものである。ここでは、従来技術として既述した公報(特開平60-246568)に開示された方法に従い、セパレータのガス不透過性を確保するのに充分量のバインダとして、カーボン粉末に対し

て20%以上の割合のバインダを加えた。

【0051】図6に示すように、本実施例のセパレータ30を用いて組み立てた燃料電池は、従来知られる黒鉛化カーボンからなるセパレータを用いて組み立てた燃料電池と、ほぼ同等の電流-電圧特性を示すと共に、従来知られる成形カーボンからなるセパレータを用いて組み立てた燃料電池に比べて優れた電池特性を示した。すなわち、出力電流値が大きくなっても、十分に高い出力電圧を維持することができた。ここで、従来知られる成形カーボンからなるセパレータを用いて組み立てた燃料電池の電池特性が劣っているのは、加熱プレスによって成形する際に、成形されたセパレータの表面に加熱によって軟化したバインダがしみ出し、セパレータ表面にバインダの層が形成されてしまうことによる。フェノール樹脂からなるバインダは導電性を有しないため、このようなセパレータを用いて燃料電池を組み立てると、燃料電池の内部抵抗が増大し、出力電流値が大きいきの出力電圧を十分に確保することが困難となる。

【0052】以上説明した本実施例のセパレータの製造方法によれば、カーボン粉末に加えるバインダとして、フェノール樹脂とエポキシ樹脂とを混合して用いているため、加熱プレス成形時にバインダとして用いる熱硬化性樹脂が化学反応を起こして熱硬化するとき、これらの樹脂がガス（水蒸気）を発生することがない。したがって、加熱時に発生したガスによってセパレータが膨張したり、割れが生じたりすることがなく、充分な強度のセパレータを製造することができる。

【0053】フェノール樹脂とエポキシ樹脂は、加熱プレス成型時に互いに化学反応して分子間で架橋が起こり、熱硬化する。この反応の様子を、図9に示す。フェノール樹脂は水酸基を有しており、フェノール樹脂だけをバインダとして用いる場合には、フェノール樹脂が有するこの水酸基が互いに反応して水を生じる。このようにフェノール樹脂だけをバインダとして用いる場合に、プレス成型時の加熱が急速に行なわれ、上記水酸基同士の反応が急激に進行すると、急激に生成される水蒸気によって、プレス成形で得られるセパレータ部材に膨れが生じるおそれがある。これに対して、バインダとしてフェノール樹脂とエポキシ樹脂とを用いると、図9に示すように、フェノール樹脂の水酸基はエポキシ樹脂のエポキシ基と反応するため、水蒸気を生じることがない。

【0054】なお、バインダとしてフェノール樹脂とエポキシ樹脂とを組み合わせる用いることによって、加熱プレス成型時における水蒸気の発生を抑える場合に、その効果を十分に得るには、バインダとして用いるフェノール樹脂が有する水酸基から非所望の水蒸気が生じないように、この水酸基と反応するのに充分量のエポキシ基を、バインダとして用いるエポキシ樹脂が有していることが必要である。たとえば、エポキシ樹脂とフェノール樹脂とを等量用いる場合には、エポキシ当量が100～

250グラム当量のエポキシ樹脂と、OH当量が100～120グラム当量のフェノール樹脂とを混合して用いればよい。バインダ中のエポキシ樹脂とフェノール樹脂とが、加熱に伴って化学反応を起こして熱硬化する際に、エポキシ樹脂においてこの化学反応に供されるエポキシ基の量と、フェノール樹脂においてこの化学反応に供される水酸基の量との比の値が、0.8～1.2となるように設定することによって、バインダ中のエポキシ樹脂量とフェノール樹脂量とのバランスをとることができる。ここで、エポキシ樹脂は、フェノール樹脂に比べて熱硬化に長時間を要するため、エポキシ樹脂量とフェノール樹脂量とのバランスを取るることによって、上記したガス発生を抑える効果を得ながら、製造時間が長期化するのを抑えることができる。なお、製造時間が許容できる範囲であれば、エポキシ樹脂量をフェノール樹脂量よりも多く設定しても差し支えない。

【0055】本実施例では、バインダとして用いるエポキシ樹脂としてクレゾールノボラック型エポキシ樹脂を、フェノール樹脂としてノボラック型フェノール樹脂を用いたが、それぞれ異なる種類の樹脂を用いることとしてもよい。例えば、エポキシ樹脂としては、クレゾールノボラック型の他に、グリシジルアミン型やビスフェノールA型などを用いることができ、フェノール樹脂としては、ノボラック型の他にレゾール型などを用いることができる。いずれの場合にも、エポキシ樹脂とフェノール樹脂とを組み合わせる用いることによって、加熱時に発生するガス量を抑える上記した効果を得ることができる。

【0056】ここで、用いる樹脂の種類によって、最終的に製造されるセパレータの性質が変わるため、製造するセパレータに対して望む性質・性能に応じて、用いる樹脂の種類を適宜選択すればよい。例えば、エポキシ樹脂としてクレゾールノボラック型を用いると、セパレータの耐熱性を向上させることができる。これに対して、エポキシ樹脂としてビスフェノールA型を用いると、セパレータを柔らかくすることができ、堅すぎることによってセパレータが脆く壊れやすくなるのを抑えることができる。あるいは、エポキシ樹脂として、これらクレゾールノボラック型とビスフェノールA型の両方を混合して用いると、その混合比に応じてそれぞれの樹脂の利点をセパレータに与えることができる。

【0057】さらに、本実施例の燃料電池用セパレータの製造方法によれば、焼成の工程を行なうことなく、加熱プレス成形によってセパレータ部材を作製しているため、焼成体から所定の形状を切り出すための機械加工の工程が不要となる。したがって、製造工程を簡素化することができると共に製造コストを抑えることができる。

【0058】また、本実施例の燃料電池用セパレータの製造方法では、原材料として用いるカーボン粉末として、鱗片状天然黒鉛を用いているため、他種のカーボン

粉末を用いる場合に比べてバインダ量を少なくすることができるといふ効果を奏する。すなわち、鱗片状天然黒鉛の粉末は、この粉末を構成する各粒子が薄片状であるため、鱗片状天然黒鉛粉末自体が所定の結着力を有し、セパレータを構成するカーボン粉末に充分な結着力を付与するために加えるバインダ量がより少なくて済む。また、カーボン粉末として、平均粒径 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ 、粒度分布 $1 \sim 200 \mu\text{m}$ の粒子からなる粉末を用いることによって、より微小な粒子からなるカーボン粉末を用いる場合に比べて、バインダの所要量を減らすことができる。バインダとして用いる熱硬化性樹脂は導電性を有しないため、原材料に加えるバインダ量が少なくて済むことによって、製造されるセパレータの導電性を向上させることができる。なお、上記したカーボン粉末を構成する粒子の大きさの範囲は、カーボン粉末とバインダとを均一に混合するために充分な細かさとなっている。

【0059】さらに、原材料に加えるバインダ量を抑えることによって、製造されるセパレータの強度を向上させることができる。図7は、原材料粉末に加えるバインダ量と、製造されるセパレータの示す強度との関係を表わす説明図である。室温においては、加えるバインダ量が増えるにしたがってセパレータの強度は増し、セパレータの示す強度は、加えるバインダ量がカーボン粉末量の約10%を超えると最大となって安定する。これに対し、 140°C の温度条件下では、セパレータの強度が最大となるまでは、室温の場合と同様に、バインダ量が増えるにしたがってセパレータ強度は増すが、加えるバインダ量がカーボン粉末量の15%程度を超えると、バインダ量が増えるにしたがって逆にセパレータ強度は低下するようになる。本実施例のように、カーボン粉末として鱗片状天然黒鉛を用いて、バインダ量をカーボン粉末量の12%程度に削減すると、高い温度条件下でのセパレータ強度を高めることができる。固体高分子型燃料電池の運転温度は、室温よりも高く（例えば $80 \sim 100^\circ\text{C}$ ）、このように高い温度条件下でのセパレータの強度を増すことによって、燃料電池の耐久性を向上させることができる。また、固体高分子型燃料電池を構成する固体高分子膜の耐熱温度の上限は 140°C 程度であり、バインダ量を上記したように削減することによって、固体高分子膜の耐熱温度範囲において、セパレータの強度を充分に確保することができる。

【0060】さらに、本発明の燃料電池用セパレータの製造方法では、加熱プレス成形によって得たセパレータ部材の表面に形成された凹凸構造の凸面を研磨し、セパレータ部材表面に形成されたバインダの層を取り除いてセパレータ30を製造しているため、導電性が充分に高いセパレータを得ることができる。図8は、セパレータ部材表面に形成されるバインダ層を取り除くための、このような研磨を行なう場合と行なわない場合とについて、原材料粉末に加えるバインダ量と、製造されるセパ

レータが示す接触抵抗との関係を表わす説明図である。バインダとして加える熱硬化性樹脂は導電性を示さず、また、加えるバインダ量が増えるほど、加熱プレス成形時にセパレータ部材表面に滲み出るバインダ量が増え、セパレータ部材表面に形成されるバインダ層が厚くなるため、加えるバインダ量が増えるほど、セパレータの接触抵抗は増大する。これに対し、上記研磨の処理を行なうと、このようなバインダ層が取り除かれるため、セパレータの導電性は充分に確保され、加えるバインダ量が多くなっても、それによってセパレータの接触抵抗が増大してしまう程度ははるかに小さくなる（図8参照）。

【0061】また、加熱プレス成形で得たセパレータ部材に対し、上記した研磨の処理を施すことによって、セパレータ部材表面のバインダ層を取り除くだけでなく、既述したように、セパレータ部材の表面に付着した離型剤を取り除くこともできる。離型剤は、導電性を有しない他に、撥水性を示すため、セパレータ部材表面を研磨することによって、導電性を向上させることができるのに加えて、セパレータ表面が非所望の撥水性を帯びてしまうのを防ぐことができる。セパレータの撥水性は、このセパレータを用いて組み立てた燃料電池内部のガス流路における排水性に影響し、セパレータが非所望の撥水性を有することで、上記燃料電池における排水性が悪化する場合があるが、セパレータ部材表面を研磨することによって、このような不都合を回避することができる。

【0062】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々なる様態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例であるセパレータ30の製造方法を表わす工程図。

【図2】加圧成形によってセパレータ30を製造する様子を表わす説明図である。

【図3】単セル28の構成を表わす断面模式図である。

【図4】燃料電池の構成を表わす分解斜視図である。

【図5】単セル28を積層したスタック構造14の外観を表わす斜視図である。

【図6】セパレータ30を用いて組み立てた燃料電池の電流-電圧特性を表わす説明図である。

【図7】原材料に加えるバインダ量と、製造されるセパレータの強度との関係を表わす説明図である。

【図8】原材料に加えるバインダ量と、製造されるセパレータの接触抵抗との関係を表わす説明図である。

【図9】エポキシ樹脂とフェノール樹脂とが反応する様子を表わす説明図である。

【符号の説明】

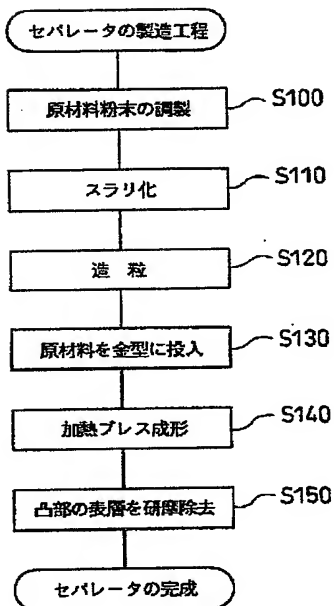
14…スタック構造

21…電解質膜

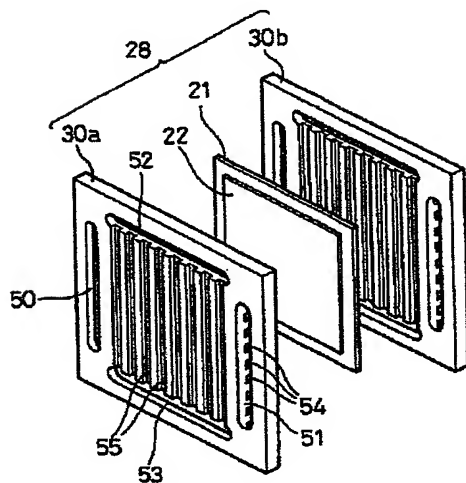
22…アノード

23…カソード
 24P…燃料ガス流路
 25P…酸化ガス流路
 28…単セル
 30…セパレータ
 30a, 30b…セパレータ
 34P…燃料ガス流路
 35P…酸化ガス流路
 36, 37…集電板
 36A, 37A…出力端子
 38, 39…絶縁板

【図1】

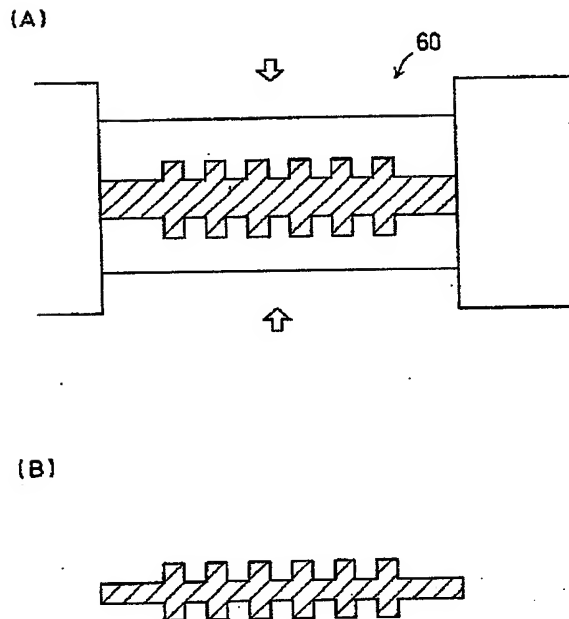


【図4】

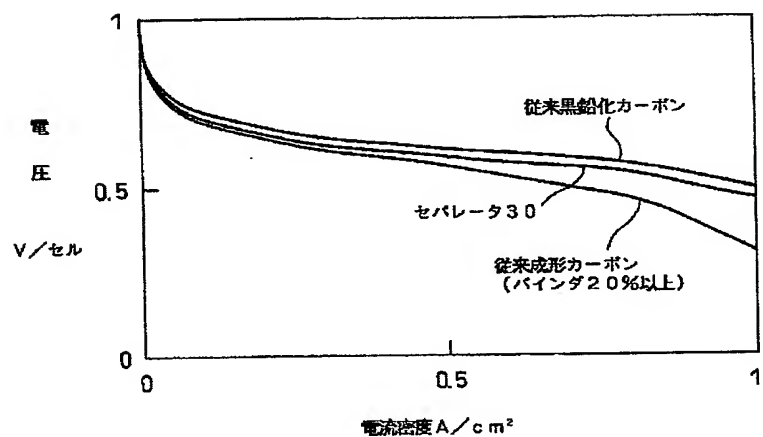


* 40, 41…エンドプレート
 42, 43…燃料ガス孔
 44, 45…酸化ガス孔
 50, 51…燃料ガス孔
 52, 53…酸化ガス孔
 54, 55…リブ
 56…燃料ガス供給マニホールド
 57…燃料ガス排出マニホールド
 58…酸化ガス供給マニホールド
 59…酸化ガス排出マニホールド
 * 60…金型

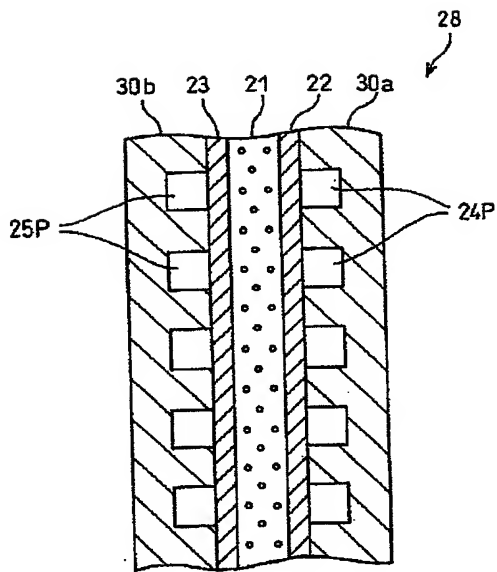
【図2】



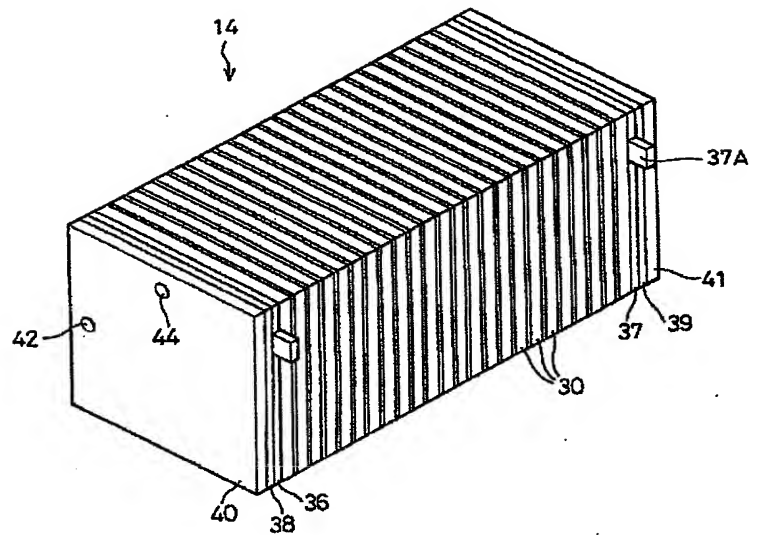
【図6】



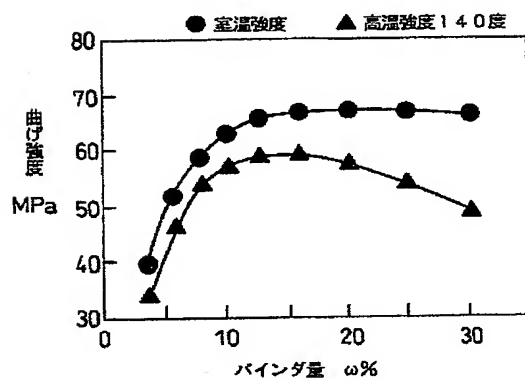
【図3】



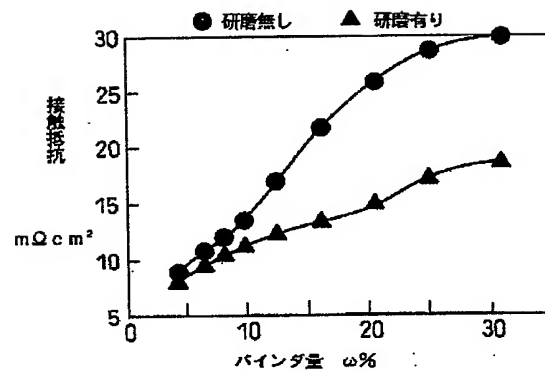
【図5】



【図7】



【図8】



【図9】

